

Um índice de competitividade ao nível da firma: uma proposta baseada em Análise Envoltória de Dados

Breno Albuquerque
Daniel Grimaldi
Edson Moret
Luciana Surliuga

Um índice de competitividade ao nível da firma: uma proposta baseada em Análise Envoltória de Dados

Breno Albuquerque

Daniel Grimaldi

Edson Moret

Luciana Surliuga*

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de indicador, com base no método de Análise Envoltória de Dados (DEA), que permita ao BNDES comparar o nível de competitividade entre fabricantes de bens de capital, focando nos aspectos internos às firmas. Para avaliar as qualidades metodológicas da técnica, um exercício de avaliação

*Respectivamente, economista do BNDES e doutorando em economia pela Escola Brasileira de Economia e Finanças da Fundação Getúlio Vargas (EPGE/FGV); economista do BNDES e mestre em economia pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEAUSP); economista do BNDES e mestre em economia pela EPGE/FGV; e economista do BNDES e mestre em economia pelo Ibmecc. Os autores agradecem a Marcos Machado as incontáveis sugestões feitas ao trabalho, e a toda a equipe do Departamento de Suporte e Controle Operacional da Área da Área de Operações Indiretas (AOI/DESCO) os diversos comentários. Vinícius Schuabb e Kamaiaji Castro foram fundamentais para a coleta dos dados. A atenção que nos foi dispensada por todas as empresas participantes e pela Abimaq também é digna de nota. Em particular, merecem agradecimentos Jaime Costa e Livaldo Santos (Romi) e João Alfredo (Abimaq) pelas valiosas contribuições. Por fim, é impossível deixar de citar o apoio de Cláudio Bernardo Guimarães de Moraes, superintendente da AOI, sem o qual a realização deste projeto não teria sido possível. Este artigo é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES.

foi implementado sobre uma base de dados preliminar, levantada no âmbito do Departamento de Suporte e Controle Operacional da Área de Operações Indiretas (AOI/DESCO) do BNDES. Os resultados obtidos atestam que o indicador se mostrou coerente com o que a literatura econômica tem apontado, principalmente em relação à existência de substancial dispersão de desempenho na amostra e à presença de correlação positiva entre a qualidade da mão de obra, bem como dos gastos das empresas com qualificação de seus empregados e atividades inovativas, e a competitividade estimada. Ainda, a técnica foi capaz de identificar a existência de um potencial exportador subaproveitado em boa parte dos fabricantes analisados. Diante desses resultados, defende-se que é possível ao BNDES utilizar um indicador baseado em DEA para desenho de mecanismos de incentivos mais adequados.

Abstract

This paper presents a preliminary indicator, focused on firm effects and based on Data Envelopment Analysis (DEA), which should allow BNDES to compare the competitiveness of capital goods manufacturers. In order to evaluate the method's qualities, a preliminary database, collected by the Department of Operational Control and Support of the Indirect Operations Division of the BNDES, was used. All the reached results were coherent with several theoretical findings, such as the existence of a substantial difference in companies' performance within the sample, with the least competitive firm reaching almost half of the index attributed to the most competitive one. Besides, a positive correlation between competitiveness and workforce quality was found. The same result was observed for companies' expenditures on training programs and innovative activities. Still, the technique properly addressed an underused export potential in most of the firms. With those results, the article suggests that BNDES could use a *DEA*-index for the designing of more appropriate incentive mechanisms.

Introdução

O desempenho da indústria brasileira é recorrentemente destacado nos principais jornais brasileiros, que costumam apresentar os mais diversos *rankings* para concluir que, na melhor das hipóteses, a competitividade do setor está estagnada.¹

Bastante comum também é a exposição de uma extensa lista de fatores macroeconômicos que seriam os grandes responsáveis por minar a competitividade do setor industrial, tais como sistema tributário complexo, taxa de câmbio desfavorável, falta de infraestrutura adequada, alto custo de insumos (como energia elétrica) e escassez de mão de obra qualificada. Também chamado, por vezes, de “custo Brasil”, esse conjunto de elementos afeta toda a economia brasileira, mas prejudica particularmente a indústria.

Contudo, sem deixar de reconhecer a importância dos elementos macroeconômicos, parte relevante da explicação para a estagnação da competitividade da indústria pode estar em elementos internos à firma [McGahan (1999)]. O próprio setor reconhece esse fato. É interessante destacar declaração do atual presidente do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (Iedi), Pedro Passos, ao ser questionado a respeito dos problemas da indústria brasileira:

Temos muitas empresas na fronteira da produtividade, que merecem homenagens, mas o fato é que o país investe pouco, inclusive no setor privado. Com um índice de inovação baixo, não podemos ser exemplo do portão da fábrica para dentro. O Brasil tem empresas excelentes, mas a média da indústria precisa inovar mais e aumentar sua produtividade [Landim (2013)].

Está claro, portanto, que o desafio da competitividade requer a criação de um ambiente de negócios no qual as melhores práticas se

¹ Ver, por exemplo, Pedroso (2012) e Machado (2012).

propaguem de forma mais rápida entre as firmas, a fim de promover ganhos de desempenho e aumentar a competitividade geral.

Além disso, por causa das restrições naturais à sua atuação, o BNDES tem limitada influência sobre o sistema tributário ou a taxa de câmbio, por exemplo. Portanto, é justamente na tarefa de encorajar o ganho de eficiência ao nível da firma que essa instituição pode dar a maior contribuição para o desafio de elevar o setor industrial brasileiro a um novo patamar de competitividade – o que é considerado uma das missões do Banco.²

Sendo assim, o presente trabalho tem como motivação duas ideias: (1) a de que existe um importante espaço para ganhos de competitividade no âmbito microeconômico; e (2) a de que o formulador de política pública, de maneira geral, e o BNDES, em particular, podem induzir as empresas a implementar maiores esforços no sentido de aumento da eficiência.

A primeira ideia desvia o foco de atenção dos fatores macroeconômicos para a “eficiência nas fábricas”. A segunda levanta o desafio de definir uma metodologia que permita mensurar o desempenho das firmas, identificando, assim, as melhores práticas e as principais fragilidades. Somente com esse tipo de informação, será possível, em um segundo momento, calibrar mecanismos de incentivo adequados ao setor.

O objetivo deste trabalho é, portanto, **apresentar uma proposta de indicador que permita comparar o nível de competitividade entre fabricantes de bens de capital, focando nos aspectos internos às firmas**. Buscava-se um método que pudesse ser utilizado para avaliar os condicionantes microeconômicos do desempenho

² Em palestra, durante o lançamento do livro *BNDES 60 anos – perspectivas setoriais*, Luciano Coutinho afirmou: “Uma das missões do BNDES [...] é apoiar o desenvolvimento dessas estruturas, ao mesmo tempo em que fomenta ‘ganhos de produtividade’ para a indústria” [Santos (2012)].

das empresas. Acredita-se que essa tarefa é fundamental para que, em um segundo momento, o BNDES possa identificar antecipadamente oportunidades para a aplicação de instrumentos que estimulem os ganhos de eficiência.

Nesse cenário, a Análise Envolvória de Dados (DEA) surgiu naturalmente como uma técnica capaz de transpor os desafios impostos pela característica multidimensional da competitividade. O método foi aplicado a uma amostra de empresas do subsetor de máquinas-ferramenta a fim de avaliar sua adequação ao propósito.

Para tanto, este trabalho divide-se em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção trata do conceito teórico de competitividade e discute brevemente as dificuldades envolvidas em sua mensuração. A terceira discute o uso do DEA como importante técnica de avaliação comparativa, que já vem sendo utilizada por outros agentes de políticas públicas para o desenho de mecanismos de incentivos.

A quarta seção faz uso do DEA e de uma base de dados preliminar para avaliar as qualidades da ferramenta como indicador de competitividade. Os resultados encontrados corroboram parte significativa dos achados na literatura. Foi possível notar, por exemplo, que existe substancial diferença de desempenho na amostra, com a empresa menos competitiva atingindo um indicador que é praticamente metade daquele atribuído à mais competitiva. Nessa mesma seção, mostra-se que essa técnica pode ser utilizada para identificar traços característicos das empresas mais competitivas e para simular os efeitos da redução das ineficiências no âmbito micro.

A quinta seção, por sua vez, faz as considerações finais, apontando os avanços esperados na agenda de trabalho. **Levanta-se também a importância da montagem de uma base de dados mais abrangente, com mais variáveis e com um número maior de empresas como condição imprescindível para a utilização do IC-Bk como instrumento de política pública.**

O conceito de competitividade e a importância do plano microeconômico

A competitividade pode ser genericamente definida como a capacidade de um agente de alcançar resultados superiores aos de seus concorrentes por meio do direcionamento estratégico de seus esforços. Diante disso, o primeiro fato que merece ser destacado a respeito da competitividade é que se trata de um conceito relativo. Ao discutir a eficiência de uma empresa, é preciso ter uma medida que transmita a posição relativa dela com respeito a um grupo de concorrentes preestabelecido.

Identificado um grupo de referência, é a relação entre esforços alocados e resultados obtidos que determinará o desempenho de cada firma. Note-se que essa relação é precisamente o que em economia se define como produtividade total – a razão entre insumos (para fins de simplificação, os fatores de produção estão também incluídos nessa categoria) e produtos. Assim, competitividade é, em última análise, resultado da produtividade, conforme concluem Porter *et al.* (2009).

Resta a definição das variáveis que devem ser consideradas para medir essa produtividade. A quantidade de bens produzidos, por exemplo, é uma medida típica de resultado de uma firma. Mas, ainda que seja uma boa *proxy* do desempenho técnico do processo produtivo, é insuficiente para determinar a competitividade. Afinal de contas, elevada produção pode não se converter em vendas. Uma boa *performance* comercial pode não se converter em lucro operacional, que, por sua vez, pode ser arruinado por uma gestão financeira malsucedida.

Analisar o volume de esforços alocados pela empresa padece da mesma complexidade. Afinal de contas, uma rápida reflexão imediatamente traz à tona uma série de elementos que podem ser elen-

cados: quantidade e qualidade de matéria-prima utilizada; qualificação da mão de obra e custo envolvido na sua contratação; técnicas de gerenciamento e de produção empregadas; grau de acesso ao mercado de capitais; e capacidade de inovação e de se antecipar aos movimentos de mercado. Portanto, o segundo fato que fica claro a respeito da competitividade é que se trata de um fenômeno **multidimensional**. Isso explica por que o uso de indicadores compostos se tornou tão comum nesse campo.³

É inegável, ainda, que tanto a decisão das firmas de alocar esforços quanto os seus resultados estão condicionados também por questões macroeconômicas. O ambiente de negócios e a infraestrutura física e institucional disponível interagem com as decisões alocativas de cada firma para determinar a competitividade de cada uma e, portanto, o desempenho agregado da economia.

No Brasil, em particular, são essas questões macroeconômicas que têm dominado o debate a respeito da competitividade. Contudo, a partir da crescente disponibilidade de microdados, a literatura econômica apresenta evidências cada vez mais robustas de que os fatores internos à própria firma (*firm effects*) têm papel crucial para a compreensão da competitividade agregada da economia.

Ao longo do período 1960-1980, diversos estudos já questionavam a elevada dispersão de produtividade do trabalho entre plantas com uma mesma escala, de um mesmo setor e em um mesmo país.⁴ Essa diferença, portanto, não podia ser explicada por questões macroeconômicas. McGahan (1999) trouxe importante avanço ao generalizar essas conclusões. Ao estudar a evolução do desempe-

³ Um bom exemplo é o Global Competitiveness Index (GCI), divulgado anualmente no Fórum Econômico Mundial. Em sua última edição, o GCI levou em consideração mais de cem variáveis que, agrupadas em um indicador composto, foram utilizadas para avaliar a competitividade de 144 países.

⁴ Ver, por exemplo, Salter (1960), Chew *et al.* (1989) e Womack *et al.* (1990).

nho (medido pelo Q de Tobin e pelo lucro contábil) de quase 5 mil empresas norte-americanas, distribuídas por 648 classificações de atividades distintas, entre 1981 e 1994, ela encontrou evidências de que fatores de ordem micro explicavam até 65,7% da *performance* das firmas. Nas palavras da própria autora:

One of the most striking results [...] is the strong explanatory power of permanent firm effects. This result indicates that firm effects were more important than any other type of effect on corporate performance [McGahan (1999, p. 392)].

O que há de comum em todos esses estudos é a constatação de que firmas que fazem uso de um conjunto semelhante de insumos e fatores e que estão expostas ao mesmo conjunto de condições macroeconômicas atingem resultados bastante distintos. Ao fazerem uma revisão da literatura que estuda a competitividade com base em dados longitudinais, Doms e Bartelsman (2000) concluem que a **dispersão de desempenho entre as empresas é significativa e persistente**.

Essa diferença de desempenho pode ser interpretada como uma dispersão de empresas a partir de uma fronteira técnica de eficiência – que identifica o melhor resultado possível para uma dada alocação de esforço.⁵ A Figura 1 permite ilustrar a intuição por trás desse raciocínio. Considere-se que todo o esforço e todo o resultado das empresas possam ser representados, cada um, por apenas uma variável – como exemplo, digamos que a quantidade de um insumo específico fosse o único esforço relevante e que o número de produtos fabricados fosse o único resultado esperado.

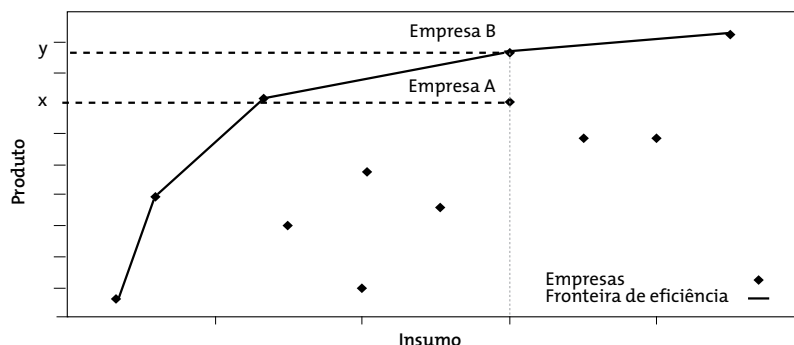
A empresa *A*, em destaque na Figura 1, é menos competitiva do que a empresa *B*. Pode-se afirmar isso porque, dado o nível de esforço que ela utiliza, é possível entregar uma quantidade maior de produto – e essa constatação ocorre porque observamos o resultado da

⁵ Eficiência no sentido de Koopmans.

empresa *B*. A empresa *A* poderia produzir *y* se utilizasse as melhores práticas do setor. Contudo, ela está produzindo apenas *x*. Essa razão x/y é a medida de eficiência da empresa *A*.

Figura 1

Representação gráfica da dispersão de firmas a partir de uma fronteira de eficiência*



Fonte: Elaboração própria.

* A fronteira aqui traçada adota implicitamente a hipótese de que a relação entre insumos e produtos tem retornos variáveis de escala. Outras hipóteses formariam uma fronteira com formato diferente, mas a lógica por trás do raciocínio não seria substancialmente modificada. A subseção “Uma proposta de indicador baseado em DEA” discute esses conceitos de forma mais detalhada.

As firmas mais competitivas, portanto, seriam aquelas que, dada uma quantidade de esforços, alcançassem o maior número de resultados. Essas empresas fariam parte de uma fronteira que define as técnicas mais eficientes de produção. Mas por que certas firmas são tão mais competitivas do que outras, mesmo expostas a um mesmo ambiente macroeconômico? Na tentativa de responder a essa pergunta, diversos trabalhos foram desenvolvidos.

Bloom e Van Reenen (2007), por exemplo, construíram um indicador para medir a qualidade das práticas de gestão e, ao aplicá-lo a diversas firmas localizadas em diferentes países, concluíram que esse índice tinha forte correlação com o desempenho. Bloom *et*

al. (2012), por sua vez, constataram que a dispersão de práticas de gestão é particularmente maior no setor industrial. Além disso, eles concluíram que Brasil e Índia têm elevada concentração de firmas com práticas de gestão consideradas inadequadas.

Esses resultados indicam que a dispersão de desempenho entre firmas pode ser uma questão particularmente grave na indústria brasileira. Isso implica dizer que, a despeito das dificuldades impostas pelo ambiente macroeconômico, parcela considerável do modesto desempenho do setor nos últimos anos pode ser explicada por fatores que estão sob o controle direto das próprias empresas. Ou seja, **é preciso deslocar o foco de análise do âmbito macro para o microeconômico.**

Passo crucial nesse sentido é o desenvolvimento de um indicador capaz de mensurar o diferencial de competitividade entre as empresas. Somente a partir disso será possível identificar os traços característicos das firmas mais eficientes e, dessa forma, avaliar o grau e, em uma segunda etapa, buscar as causas da dispersão de desempenho.

Essa tarefa, contudo, não é exatamente trivial. Como a competitividade é um conceito multidimensional, esse indicador deve contemplar diversas variáveis relevantes para a mensuração do esforço e do resultado da firma. Isso implica transportar o caso da Figura 1 para um contexto em que o esforço e o resultado passem a ser representados por vetores.

Para determinar o desempenho de cada firma nesse cenário, é preciso optar por alguma forma de agregação que permita comparar os vetores que guardam as relações entre esforço e resultado de cada firma. Como uma forma de lidar com esse problema, a maior parte dos indicadores atribui algum peso para cada elemento considerado no vetor.⁶

⁶ Novamente, o GCI serve como exemplo.

Essa etapa é um ponto normalmente controverso e, muitas vezes, resultado de escolhas arbitrárias. A definição *ex ante* desses pesos pode direcionar os resultados. Por exemplo, se o resultado operacional receber um peso maior que o resultado não operacional no indicador, as firmas que se especializarem em vender um bom serviço de pós-vendas aos seus clientes tenderão a receber piores avaliações. Ou seja, em um contexto multidimensional, a atribuição de pesos *ex ante* pode punir inadvertidamente determinadas estratégias competitivas e, portanto, afetar diretamente as conclusões da análise.

Conforme será argumentado na próxima seção, um índice baseado em DEA permite contornar essa dificuldade ao possibilitar a criação de uma medida sem a necessidade do estabelecimento *a priori* de pesos para cada uma das variáveis.

Mensurando a competitividade das firmas com o uso de DEA⁷

A Análise de Envoltória de Dados (DEA)⁸ é uma técnica que utiliza programação linear para, com base no desempenho observável das firmas, identificar uma fronteira de eficiência e medir a distância de cada empresa com respeito ao seu concorrente próximo mais bem-sucedido. A sua hipótese básica é a seguinte: se for possível alcançar melhores resultados com o mesmo conjunto de esforços, alguma empresa o terá feito. Assim, são os dados que fornecem as informações necessárias para a identificação da fronteira, sem a necessidade de um

⁷ Esta seção faz uma abordagem relativamente simplista, com o único objetivo de explicar a intuição por trás do método. Para uma apresentação completa, ver Bogetoft e Otto (2010).

⁸ A abreviação aqui apresentada está seguindo o termo em língua inglesa para o método – Data Envelopment Analysis.

extenso estudo sobre as técnicas envolvidas nos processos produtivos. É, por assim dizer, uma análise de fronteira de eficiência revelada.

Para melhor compreensão desse método, considere-se um conjunto J de empresas. Elas competem por meio da alocação de um vetor $X = (x_1, \dots, x_m) \in R^m$ de esforços. Os resultados esperados, por sua vez, são mensurados por meio de um vetor $Y = (y_1, \dots, y_n) \in R^n$. Nesse cenário, o objetivo de cada empresa é maximizar a relação entre o resultado composto e o esforço composto, que podem ser definidos conforme (1).

$$\frac{\text{resultado composto}}{\text{esforço composto}} = \frac{u_1 y_1 + \dots + u_n y_n}{v_1 x_1 + \dots + v_m x_m} = \frac{U'Y}{V'X} \quad (1)$$

O vetor $V = (v_1, \dots, v_m) \in R^m$ e o vetor $U = (u_1, \dots, u_n) \in R^n$ podem ser interpretados como os pesos atribuídos a cada um dos elementos de X e de Y , respectivamente, na formação de uma unidade do esforço composto e do resultado composto. Portanto, a escolha para os vetores V e U é crucial para o valor final do desempenho atribuído a cada empresa.

Dependendo de sua estratégia competitiva, uma empresa atribuirá ponderadores distintos a cada um dos elementos de X e de Y . Para não incorrer em uma escolha arbitrária, o que a metodologia DEA faz é deixar que as empresas “escolham” os próprios pesos, de forma a maximizar sua eficiência. Dessa forma, **nenhuma empresa será punida por adotar uma estratégia competitiva particular**.

Essa escolha não é totalmente livre, contudo. Ela deve respeitar duas importantes restrições: (i) nenhum dos pesos pode ser negativo; e (ii) o conjunto de pesos escolhidos por uma firma $i \in J$, quando aplicado a uma firma alternativa $h \in J$, não pode produzir uma eficiência que supere a unidade. Essa segunda restrição tem um papel importante, pois garante uma parametrização, restringindo a razão definida em (1) no intervalo $[0,1]$ e permitindo a comparação entre firmas independente da ponderação que elas implicitamente atribuam a cada variável.

Assim, a eficiência θ_i de cada *Empresa*_{*i*} $\in J$ pode ser identificada por meio da resolução de *j* problemas de otimização, sendo cada um deles representado conforme (2):

$$\underset{u,v}{Max} \theta_i = \frac{u_p y_{li} + \dots + u_n y_{nli}}{v_r x_{li} + \dots + u_m x_{mi}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{sujeito a: } i) \quad & \frac{u_p y_{li} + \dots + u_n y_{nli}}{v_r x_{li} + \dots + v_m x_{mi}} \leq 1; \forall i \in J \\ ii) \quad & v_r, \dots, v_m \geq 0 \\ iii) \quad & u_p, \dots, u_m \geq 0 \end{aligned}$$

Ao resolver essa programação linear, é possível obter indicadores baseados em θ_i que serão iguais (ou próximos) a 1 para as firmas que estão na fronteira (ou próximas a ela). De maneira resumida, a metodologia DEA é uma forma de agregar as diferentes variáveis representativas dos esforços e resultados de cada firma em uma medida que permite a comparação direta. E isso se dá com o estabelecimento mínimo de hipóteses *ex ante* a respeito da fronteira de eficiência.

Não é preciso nem mesmo supor uma forma funcional específica para a fronteira (CobbDouglas, Leontief etc.), ainda que sejam feitas hipóteses a respeito do seu formato geral.⁹ Por conta dessas vantagens, DEA foi a técnica utilizada para o exercício de avaliação comparativa aqui implementado.

Essa escolha encontra respaldo também na atuação de diversos *policy makers*, que têm montado regimes de regulação ou de incentivos suportados por técnicas de avaliação comparativa (*benchmarking*) que utilizam DEA. O Quadro 1 traz um resumo de

⁹ A subseção “A proposta de indicador baseado em DEA” discute com mais detalhes essa afirmação.

algumas dessas experiências e outras mais podem ser encontradas em Bogetoft e Otto (2010).

O atual modelo de regulação do setor elétrico alemão, aliás, é um caso de destaque na aplicação de DEA. Em julho de 2005, a Alemanha aprovou uma nova lei para o setor elétrico, segundo a qual o regulador deveria incorporar as noções de “custo de um operador eficiente” e desenhar incentivos com base em metas de eficiência.¹⁰

Quadro 1

Experiências com modelos de regulação baseados em DEA

País	Agente de política	Objetivo
Alemanha	BNetzA	Com base no cálculo de indicadores de desempenho, o modelo de regulação definido para o setor elétrico alemão foi calibrado em 2005 de forma a eliminar as ineficiências técnicas das empresas após 10 anos.
Brasil	Anatel	Formulação do fator X (quanto maior o fator X, menor o reajuste), com base na estimação de um índice de produtividade para o serviço de telefonia fixa.
Estados Unidos da América	National Oceanic and Atmospheric Administration	Avaliação da eficiência técnica de pesca com redes de contenção.
Noruega	Norwegian Energy Regulator	A partir de 1997, a norma de custo para cada empresa passou a ser calculada com base na pontuação obtida pela eficiência relativa, tendo como base uma estimação por DEA.
Reino Unido	Water Services Regulatory Authority	Utilização do DEA, em 1994, no contexto de definição de preços limites, a partir do processo de privatização de determinados serviços públicos ocorrido anteriormente.

Fonte: Elaboração própria, com base em Anatel (2011); Johnsen e Lund (2011); Thanassoulis (2000); Walden e Kirkley (2000); Bogetoft e Otto (2010).

¹⁰ New Electricity Act, *apud* Bogetoft e Otto (2010, p. 306).

A aprovação dessa lei fez com que o órgão regulador alemão (BNetzA) desse início ao desenvolvimento de extensos modelos de *benchmarking* para a construção de indicadores de eficiência.¹¹ O processo todo envolveu a escolha de variáveis, coleta de dados, especificação de modelos, a estimação da fronteira de eficiência e a validação dos resultados.

Após esse cuidadoso processo, desenhou-se um arcabouço que atribuía a cada firma uma medida final de eficiência que dependia do desempenho dessa empresa em quatro modelos distintos, dos quais dois utilizavam DEA e dois utilizavam o método de Fronteira Estocástica. Entre os modelos que utilizavam DEA, havia diferenças com respeito às variáveis consideradas e com respeito ao formato da fronteira de eficiência.¹²

A experiência alemã mostra que é viável a aplicação de técnicas de *benchmarking* em larga escala. Para o BNDES, a implantação de uma ferramenta de avaliação comparativa poderia ser extremamente útil, pois forneceria pistas importantes a respeito dos padrões de competitividade dos fabricantes brasileiros de máquinas e equipamentos e apontaria possíveis fontes de ineficiência.

Essas informações podem ser utilizadas para acompanhar a evolução do setor e, em um segundo momento, para subsidiar a elaboração de instrumentos de política pública mais eficazes, ajudando o Banco em seu objetivo final de promover ganhos de competitividade e um crescimento sustentável da indústria brasileira.

Essa necessidade já é discutida no BNDES, pelo menos desde o início da década de 1990, momento no qual foi desenvolvido um

¹¹ O sistema elétrico alemão é razoavelmente atomizado, com empresas que atendem a menos de 100 mil consumidores. Por conta disso, as estimações envolviam a consolidação de bases de dados com mais de 800 empresas.

¹² Para mais detalhes, ver Bogetoft e Otto (2010).

projeto denominado **Indicadores de Desempenho Competitivo ao Nível da Firma** – que contou com apoio financeiro do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud) e com a contratação de consultores externos. Naquele momento, já havia a intenção de se desenvolver no BNDES:

um sistema de indicadores de desempenho que permita acompanhar a evolução da competitividade dos mutuários com vistas a influenciá-la positivamente ou, eventualmente, formar decisões sobre a reavaliação das condições de apoio financeiro, caso o desempenho competitivo mostre-se cronicamente insatisfatório [BNDES (1992, p. 31)].

A heterogeneidade de estratégias competitivas (que podem, por vezes, ser conflitantes) era apontado, à época, como um “complicador na montagem de sistemas de planejamento e monitoramento multidimensionais” [BNDES (1992, p. 18)]. Seria necessário avaliar cada empresa para compreender a importância (peso) de cada variável em sua estratégia. Tal exercício tornaria, na prática, inviável uma avaliação em larga escala.

O DEA oferece uma resposta a essa dificuldade, na medida em que permite o desenvolvimento de um indicador que é comparável ao longo do tempo e entre firmas mas, ao mesmo tempo, é flexível o suficiente para contemplar as mais diversas estratégias competitivas.

Um caso prático de construção do índice de competitividade

Antes de mais nada, é preciso destacar que essa experiência preliminar de avaliação comparativa, implementada no âmbito do BNDES, não foi realizada com o intuito de fazer um diagnóstico

definitivo do setor, nem se pretende sustentar a adoção de mecanismos com base nas conclusões aqui apresentadas.

Por ser uma experiência preliminar, os objetivos eram bastante mais modestos. Em primeiro lugar, esperava-se demonstrar o potencial desse arcabouço para a atuação do BNDES, em sua tarefa de fomentar o desenvolvimento sustentável do setor industrial. Em segundo lugar, o exercício pretendia identificar com maior clareza o real tamanho das dificuldades envolvidas na consolidação de uma base de dados necessária para a aplicação do método.

Como as empresas consultadas receberiam a iniciativa? Qual seria a qualidade dos dados apresentados? A ausência de validação das informações é um problema grande o suficiente para inviabilizar ou distorcer significativamente a análise? Quais variáveis explicariam de maneira mais clara o padrão de competitividade do setor industrial? As respostas a essas perguntas precisavam ser obtidas antes que o trabalho evoluísse para a implantação de mecanismos internos de coleta sistemática de informações em um número maior de empresas.

A definição da amostra

Em primeiro lugar, cabe destacar que a população de interesse desse estudo ficou **restrita às empresas presentes no Cadastro de Fabricantes Informatizado (CFI) do BNDES-Finame**. Isso se deu por uma questão prática, já que essas firmas poderiam ser facilmente contatadas pelo BNDES e porque elas teriam maior incentivo em responder ao questionário.

Nesse grupo, **o setor de máquinas-ferramenta** foi escolhido por ser bastante diverso do ponto de vista de porte e, portanto,

poderia representar de maneira mais fiel os tipos de dificuldades observados caso venha a se estruturar uma coleta mais ampla. Para definir quais as empresas que fariam parte desse setor, dois critérios complementares foram utilizados: (i) foram aceitas todas as firmas integrantes do setor 284 da CNAE 2.0; e (ii) todas as empresas que tivessem realizado alguma venda de equipamentos classificados no grupo máquinas-ferramenta entre o início de 2010 e o último trimestre de 2012.

Em um esforço para que a maior parte da heterogeneidade dessa população estivesse refletida na amostra, optou-se por uma coleta que seguisse os pressupostos de uma amostragem aleatória estratificada. A definição de cada estrato seguiu os critérios de porte do BNDES, ainda que com algumas limitações.

Definidos os tamanhos relativos de cada estrato com base na população de referência,¹³ foram feitos sorteios aleatórios em cada grupo de forma a obter uma amostra com 30 empresas¹⁴ que preservasse as proporções populacionais de cada porte. As empresas sorteadas¹⁵ foram contatadas e convidadas a participar da pesquisa.

¹³ Para definir os estratos amostrais, era preciso atribuir a cada empresa da população de interesse um valor de receita operacional bruta (ROB). Contudo, só foi possível obter a ROB dos fabricantes que haviam sido também beneficiários diretos de operações com o BNDES. Por fim, só foi possível obter a ROB para 207 empresas fabricantes de máquinas e equipamentos do setor de máquinas-ferramenta. Esse grupo passou a ser a população de referência com base na qual os tamanhos relativos dos extratos apresentados na Tabela 1 foram definidos.

¹⁴ Esse era o tamanho mínimo necessário para a amostra, definido com base em algumas “regras de ouro” para a aplicação da metodologia DEA. Para mais detalhes, ver Bogetoft e Otto (2010, p. 94).

¹⁵ Sergio Takizawa, do Departamento de Credenciamento de Fabricantes de Máquinas, Equipamentos e Sistemas da Área de Operações Indiretas do BNDES (AOI/DECRED), merece um agradecimento particular por ter avaliado o sorteio inicial de empresas tendo até sugerido a exclusão de quatro por pendências no CFI. Essas empresas foram substituídas por novo sorteio aleatório.

Tabela 1

Definição do tamanho relativo de cada estrato amostral

Porte	Número de empresas	% amostral	% de referência
Microempresas	12	40,0	43,5
Pequenas	8	26,7	34,3
Médias	8	26,7	18,8
Médias-grandes	1	3,3	1,4
Grandes	1	3,3	1,9
Total	30	100,0	100,0

Fontes: PAC-Estatístico e 1ª Sondagem da Competitividade do Setor de Bens de Capital.

Ao todo, quase setenta empresas foram contatadas para que se conseguisse a adesão voluntária de trinta. Conforme mostra a Tabela 1, o tamanho relativo de cada extrato acabou sendo um pouco diferente dos valores de referência, com as micro e pequenas empresas estando ligeiramente sub-representadas.

Esse fato já demonstrou a primeira dificuldade para o levantamento dos dados, que é a disponibilidade das firmas, em particular das micro e pequenas, em participar. Ou seja, para garantir uma base de dados mais ampla, é preciso desenvolver um conjunto de incentivos que encoraje a adesão. Condicionar a regularidade cadastral no CFI dos fabricantes de máquinas e equipamentos à apresentação desses dados, por exemplo, pode ser um mecanismo interessante para garantir a coleta dessas informações. O Quadro 2 lista as empresas que fizeram parte da amostra final de empresas consultadas.

Quadro 2

Empresas incluídas na amostra

Porte	Empresas (denominação social)
Micro	BestMark Eletromecânica
Micro	Blauth Metalúrgica Ltda.
Micro	Grandex Ferramentas Ltda.
Micro	J.A Indústria de Máquinas Ltda.
Micro	Klein Equipamentos Industriais Ltda.
Micro	Metalgran Ind. e Comércio Ltda.
Micro	Metalúrgica Franca Ltda.
Micro	MH Equipamentos Ltda.
Micro	Rebarba Brilho Ind. e Com. de Abrasivos Plásticos Ltda.
Micro	Rosquinel Indústria de Máquinas Ltda.
Micro	Tecnopampa Indústria de máquinas Ltda.
Micro	Metalúrgica Zapromaq
Pequena	Indústria de Máquinas Chinelatto Ltda.
Pequena	Ferdimat Ind. e Com. de Máquinas Operatrizes Ltda.
Pequena	Metafil Equipamentos Industriais Ltda.
Pequena	Metalúrgica Cortesa Ltda.
Pequena	Prensso Máquinas Ltda.
Pequena	Resitron Máquinas e Equipamentos Ltda.
Pequena	Rhema Ferramentas de Precisão Ltda.
Pequena	Rossil Industrial Ltda.
Média	CSM Máquinas e Equipamentos para Construção Ltda.
Média	Ergomat Indústria e Comércio Ltda.
Média	Maúsa Equipamentos Industriais
Média	Newton Indústria e Comércio Ltda.
Média	Niehoff Herborn Máquinas Ltda.
Média	Sorg Indústria e Comércio de Máquinas Ltda.
Média	Vantec Indústria de Máquinas Ltda.
Média	Verdés S.A. Máquinas e Instalações
Média-grande	Heller Máquinas Operatrizes Indústria e Comércio Ltda.
Grande	Indústrias Romi S.A.

Fonte: 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

A consolidação da base de dados

Conforme destacado na segunda seção deste artigo, um importante passo para uma análise de competitividade está no levantamento de um conjunto de variáveis capazes de mensurar os resultados e os esforços empreendidos pelas empresas analisadas – nesse caso, empresas brasileiras fabricantes de bens de capital.

Para o presente trabalho, 11 variáveis foram pré-selecionadas, por terem potencial para explicar a competitividade das empresas. Dessas, seis devem ser entendidas como medidas de esforço e cinco, como medidas de resultado, conforme pode ser observado no Quadro 3. Essa escolha seguiu os princípios enunciados na segunda seção deste trabalho. Ou seja, buscou-se um conjunto de variáveis que fosse suficiente para captar as diferenças de desempenho das firmas, mas enxuto o bastante para tornar o levantamento factível – considerando, inclusive, a presença de micro e pequenas empresas na amostra.

Quadro 3

Variáveis selecionadas para a avaliação comparativa

Esforço (<i>inputs</i>)	Resultado (<i>outputs</i>)
- Gastos com pessoal	- Receita bruta no mercado interno
- Qualificação da mão de obra	- Receita bruta no mercado externo
- Demais despesas (inclusive custos e despesas financeiras)	- Ebitda- Lucro líquido
- Investimento em maquinário e instalações	- <i>Share</i> de produtos novos no aturamento
- Investimento em qualificação da MDO	
- Gastos com atividades inovativas	

Fonte: Elaboração própria.

Também é preciso destacar que as variáveis acima listadas podem, *grasso modo*, ser separadas em dois grupos. O primeiro está di-

retamente ligado à capacidade das firmas de fazer a melhor alocação técnico-produtiva dos recursos disponíveis no presente – ou seja, a capacidade de utilizar a menor quantidade possível de esforços para gerar o maior resultado. Nesse grupo, estão os gastos com pessoal, qualificação da mão de obra, demais despesas, receita bruta, Ebitda e lucro líquido.

Um segundo grupo de variáveis – definido pelos dados de investimentos, gastos com inovação e *share* de produtos novos e receita no mercado externo – estaria mais correlacionado com a capacidade da firma de alocar recursos na expansão de suas capacitações técnicas. Uma firma pode ser competitiva no presente, mas, se não consegue melhorar suas técnicas de produção, lançar produtos novos e competir no mercado internacional, dificilmente terá a capacidade de sustentar esse desempenho no longo prazo. Nas palavras de Porter (1990, p. 75):

Almost any advantage can be imitated. Korean companies have already matched the abilities of their Japanese rivals to mass-produce standard color televisions and VCRs; Brazilian companies have assembled technology and design comparable to Italian competitors in casual leather footwear. Competitor will eventually and inevitably overtake any company that stops improving and innovating.

Selecionadas as variáveis que serviriam para representar o complexo conceito de competitividade, restava consolidar uma base de dados. Um questionário¹⁶ foi elaborado e enviado a cada uma das firmas da amostra, para que todas as variáveis de interesse listadas no Quadro 3 pudessem ser observadas por um período de três anos (entre 2009 e 2011).

¹⁶ O modelo do questionário utilizado pode ser conferido no Anexo A.

Após a coleta, um processo de tratamento e análise preliminar dos dados teve início. Essa etapa teve o objetivo de validar as informações apresentadas e identificar algumas relações preliminares entre as variáveis. Os procedimentos realizados basearam-se nas práticas descritas em OECD (2008) e Bogetoft e Otto (2010).

Vale destacar que essa etapa de validação envolveu a identificação de *outliers*¹⁷ e de informações inconsistentes. Sempre que se observava algum dado incomum, a empresa era contatada e uma confirmação era solicitada. Por diversas vezes, houve a correção das informações apresentadas.

Apesar desse longo processo de validação, **alguns dados permaneceram com graves inconsistências**. Os dados referentes a lucro líquido, por exemplo, permaneceram apresentando valores que eram, com muita frequência, incoerentes com a receita apresentada.¹⁸

Além disso, algumas informações solicitadas foram sistematicamente omitidas pelas empresas. Esse é o caso dos dados a respeito do *share* de produtos novos e do Ebitda. Em ambos os casos, já se imaginava que as empresas de menor porte teriam dificuldade de prestar essas informações.

Como as informações para lucro líquido, Ebitda e *share* de produtos novos não passaram pelos processos básicos de validação, o indicador de competitividade e as análises aqui apresentadas não levaram em consideração essas variáveis. As implicações desse fato

¹⁷ A definição de *outliers* se baseou pelo conceito de supereficiência descrito em Bogetoft e Otto (2010).

¹⁸ Em alguns casos, o prejuízo líquido informado superava 60% da receita bruta total declarada. Em outros, o lucro líquido superava 80% da receita bruta total. A percepção foi de que havia erros sistemáticos nessa informação. Sem a condição de validar esse dado em fontes oficiais, optou-se por não utilizá-lo.

não são desprezíveis. A impossibilidade de trabalhar com o lucro líquido ou com o Ebitda impede que o indicador leve em consideração um importante resultado de toda empresa. A ausência do dado acerca do *share* de produtos novos retira do indicador uma variável-chave para medir o resultado do esforço inovativo.

Esse fato demonstra o tamanho da dificuldade envolvida em consolidar uma base de dados confiável a respeito das firmas industriais brasileiras e indica que a aplicação dessa avaliação em larga escala não pode prescindir de uma estratégia mais robusta de validação das informações.

Considerando apenas as variáveis que passaram pelo processo de validação aqui aplicado, a Tabela 2 apresenta algumas estatísticas descritivas da base de dados consolidada para o estudo. Chama a atenção a evolução negativa do investimento e das exportações no período analisado. O valor médio de investimento das firmas consultadas caiu 36,2%, enquanto a receita bruta oriunda do mercado externo foi, em 2011, mais de 20% inferior à observada em 2009. O pessoal ocupado subiu 14% e o salário médio se elevou em 5%, colaborando para a alta do custo total médio, 17% maior em 2011, na comparação com dois anos antes.

Interessante notar também que cerca de 50% das observações¹⁹ da amostra têm menos de 42 empregados. Ou seja, **trata-se de empresas com um porte relativamente pequeno**. Esse perfil é consistente com dados de outros trabalhos realizados a respeito da indústria de bens de capital brasileira.²⁰

¹⁹ A base consolidou os dados de 30 empresas para o triênio 2009-2011. Tem-se, portanto, 90 observações no total.

²⁰ Ver, por exemplo, Araújo (2009).

Tabela 2

Estatísticas descritivas da base de dados (variáveis selecionadas)

	Percentis amostrais ¹ (total do período)				Valores médios (anuais)				Comparação (B)/(A) (%)
	25%	50%	75%		2009 (A)	2010	2011 (B)		
Pessoal ocupado	19	42	107		143	166	163		14,0
Salário mensal por trabalhador (R\$ mil por mês)	1,3	1,8	2,5		1,77	1,76	1,86		5,0
Percentual de mão de obra qualificada	6%	12%	17%		12,6%	13,6%	13,4%		6,3
Receita bruta – mercado interno (R\$ mil por ano)	2.069	6.159	27.225		30.292	39.430	36.043		19,0
Receita bruta – mercado externo (R\$ mil por ano)	0,00	0,00	142,30		3.269	2.110	2.550		-22,0
Total (R\$ mil por ano)	1.310	6.260	19.520		26.633	31.532,24	31.139,15		16,9
Aquisição de insumos (% do custo total)	31,6%	44,7%	55,3%		41,6%	42,6%	39,4%		-5,2
Diretos de produção (% do custo total)	4,9%	9,2%	15,6%		13,9%	14,3%	14,8%		6,8
Total (R\$ mil por ano)	38	151	533		2.915	2.250	1.858		-36,2
Qualificação da mão de obra (% do investimento total)	0,0%	1,6%	8,4%		14,1%	10,2%	10,6%		-24,8
Aquisição de máquinas e equipamentos (% do investimento total)	61,0%	90,7%	100,0%		55,2%	58,9%	64,0%		15,9
Gastos com atividades inovativas (% do investimento total)	0,0%	0,0%	9,9%		7,4%	7,6%	5,5%		-26,3

Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

Notas: Valores correntes foram deflacionados por meio do deflator implícito do PIB industrial (consultado no IpeaData).

¹ As definições das rubricas de custos e investimentos seguiram os mesmos conceitos da Pesquisa Industrial Anual (PIA) [IBGE (2010)].

² Os valores máximos e mínimos foram omitidos para que o sigilo garantido às empresas que participaram da pesquisa não fosse ameaçado.

Outro fato a ser destacado é o **baixo envolvimento com o comércio exterior das empresas do setor**. Cerca de 50% das observações não realizou nenhuma exportação. Se compararmos os valores médios, a receita bruta oriunda de vendas no exterior representava apenas cerca de 10% da receita bruta total em 2009, valor que caiu para 6% em 2011. É evidente que a crise internacional teve papel decisivo nessa retração. Contudo, é fato inegável que o setor está pouco integrado às cadeias globais.

Merece menção também a **elevada concentração dos investimentos**. Em 25% das observações, o investimento anual total se resumiu à aquisição de máquinas e equipamentos. Essa ainda parece ser a única maneira que muitas empresas encontram para buscar melhorias em suas técnicas de produção. Em 50% dos casos, os gastos com atividades inovativas foram nulos.

Uma proposta de indicador baseado em DEA

Consolidado o banco de dados, restava a construção de uma medida de competitividade para o grupo de empresas analisadas. Assim como na avaliação do setor elétrico alemão, optou-se por construir um indicador com base em dois modelos distintos.

O primeiro levou em consideração uma variável de esforço, os custos totais anuais, e duas variáveis de resultado, a receita bruta no mercado interno e no mercado externo. A especificação desse modelo considerava, ainda, uma orientação a produto.²¹ Intuitiva-

²¹ Nos modelos DEA, a orientação determina as coordenadas do vetor direcional a partir do qual será calculada a distância de cada firma com relação à fronteira de eficiência. Para mais detalhes a respeito das medidas direcionais em modelos DEA, ver Bogetoft e Otto (2010, p. 121-124).

mente, essa especificação deve ser interpretada da seguinte forma: **dado o custo total de determinada firma, quanto ela deveria gerar de receitas com vendas no mercado interno e externo se ela fosse eficiente?**

O segundo modelo foi desenhado com três variáveis de esforços: o total de empregados, um indicador de qualidade dessa mão de obra²² e o total de demais custos.²³ Nessa especificação, a variável de resultado foi a receita bruta total, e optou-se por trabalhar com orientação a insumos. Intuitivamente, essa especificação deve ser interpretada da seguinte maneira: **dada a receita bruta total de uma empresa, qual deveria ser o número de empregados, a qualidade dessa mão de obra e quanto ela deveria gastar com os demais custos se as práticas mais eficientes fossem adotadas?**

O desempenho das firmas foi mensurado nos dois modelos supondo dois formatos diferentes para a fronteira: retornos constantes de escala e retornos variáveis de escala. Esse segundo formato implica adicionar uma restrição ao problema de otimização enunciado em (2). Impõe-se, nesse caso, que $V'X=1$, tornando a fronteira de eficiência convexa [Cooper e Seiford (2007, p. 89)]. Depois das es-

²² A qualidade da mão de obra empregada foi igual aos anos médios de estudo desse conjunto de trabalhadores.

²³ Considera-se o custo total de operação informado pela empresa e excluem-se os valores referentes ao custo do fator trabalho. Além dos salários, são levados em consideração o valor de retiradas e outras remunerações, contribuições com previdência social, FGTS, contribuições feitas pelo empregador para a previdência privada (se houver), valores gastos com indenizações trabalhistas, rescisões contratuais e outros benefícios complementares oferecidos ao pessoal ocupado (tais como auxílio-refeição, transporte e auxílio-educação). A não exclusão dos custos referentes ao fator trabalho poderia implicar “dupla contagem”, visto que esse fator já é considerado por meio de outras variáveis.

timações, utilizou-se o método *bootstrap* para implementar um teste não paramétrico a respeito do formato a ser considerado.²⁴

Tabela 3

Resultados do teste de retornos de escala da fronteira

	Estatística de teste	p-valores estimados por <i>bootstrap</i>				
		0,01%	1%	2%	5%	10%
Modelo orientado a produto	0,6479	0,6486	0,6512	0,6542	0,6625	0,6721
Modelo orientado a insumo	0,7066	0,7070	0,7104	0,7132	0,7193	0,7274

Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

A Tabela 3 apresenta a estatística de teste calculada e os p-valores a serem considerados. Nos dois modelos propostos, os resultados permitiram rejeitar a 1% de significância a hipótese nula de retornos constantes de escala, em favor dos retornos variáveis de escala. Esse resultado quer dizer que **o porte da empresa parece ser característica determinante para o desempenho que dela se espera.**

Por conta disso, os resultados e análises apresentados neste trabalho levam em consideração apenas os indicadores calculados sob **a hipótese de retornos variáveis de escala.** Nesse caso, **a relação ótima entre esforços e resultados varia de acordo com o porte da empresa.**

²⁴ Para mais detalhes a respeito do uso do método *bootstrap*, ver Cameron e Trivedi (2009, p. 357-384). Para aplicação desse método no contexto de estimações DEA, ver Simar e Wilson (2000). Para mais detalhes a respeito da especificação do teste não paramétrico para o formato da fronteira de eficiência, ver Bogetoft e Otto (2010, p. 170-185).

Outra decisão importante dizia respeito ao deslocamento da fronteira de eficiência durante o triênio. A resposta a essa pergunta tem implicações metodológicas, pois, caso se observasse deslocamento estatisticamente significativo ao longo dos anos, a estimação precisaria ser feita considerando três subamostras distintas (uma para cada ano), em vez de apenas uma (com todas as observações do triênio).

Para responder a essa pergunta, um teste de Kruskal-Wallis²⁵ foi realizado. Esse teste não paramétrico tem como hipótese nula que as n subamostras diferentes fazem parte de uma mesma população. Rejeitar tal hipótese implica, portanto, assumir que existem diferenças estatisticamente significantes para o indicador de eficiência, dependendo do ano da observação.

A Tabela 4 mostra os resultados. Em nenhum dos modelos foi possível notar diferenças estatisticamente significantes entre os grupos com relação ao ano da observação. **Isso é uma evidência de que a fronteira de eficiência não se deslocou substancialmente durante o período analisado.** Se, por um lado, esse resultado corrobora a decisão de não realizar distinções de ano para a aplicação do DEA, por outro, indica que **os dois modelos apontam para uma estagnação da competitividade.**

Tabela 4

Resultados do teste Kruskal-Wallis

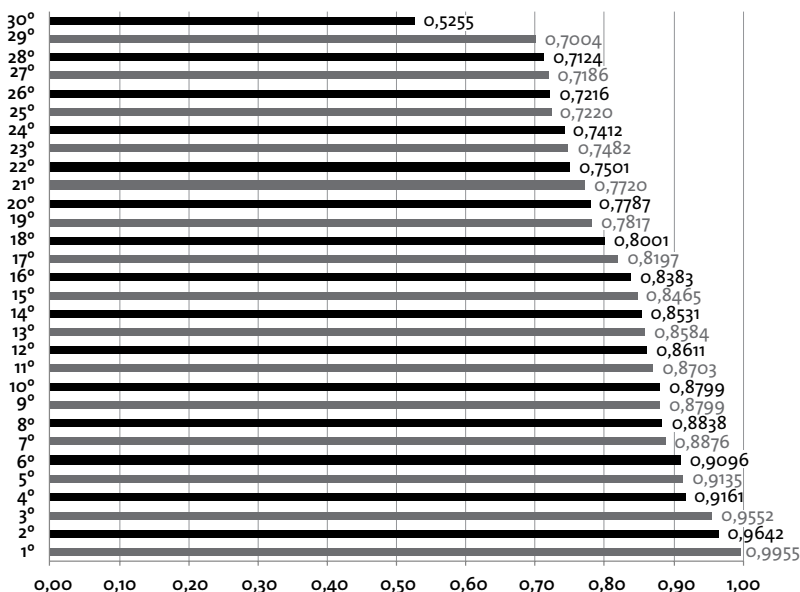
	Estatística de teste	p-valor
Modelo orientado a produto	0,3751	82,9%
Modelo orientado a insumo	1,2875	52,5%

Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

²⁵ Para mais detalhes a respeito do teste, ver Conover (1999, p. 288).

Gráfico 1

Dispersão do Indicador de Competitividade (IC-Bk) na amostra de empresas*



Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

* O nome e a posição relativa de cada empresa da amostra foram omitidos desse gráfico por uma questão de confidencialidade. Relatórios individuais, contudo, foram enviados para cada empresa participante.

Assim, os dois modelos foram estimados considerando uma fronteira de eficiência estática no período e retornos variáveis de escala. Por fim, o **Indicador de Competitividade (IC-Bk)** foi calculado como a média simples do desempenho nos dois modelos ao longo de todos os anos e atribuído a cada firma.

O Gráfico 1 mostra a dispersão desse indicador agregado para a amostra de trinta empresas. O valor médio do IC-Bk foi de 0,82, com um desvio-padrão de 0,09. É interessante notar que,

entre a empresa mais competitiva da amostra e a última, existe uma diferença de desempenho de quase 50%. **A mediana do IC-Bk ficou em 0,84, valor que indica um nível de operação 26% abaixo da fronteira de eficiência.** Esses números sinalizam o tamanho da dispersão de desempenho entre as empresas. Para investigar as correlações entre competitividade e algumas variáveis selecionadas, a amostra foi separada em dois grupos, denominados de alta e baixa competitividade.²⁶

Em seguida, foram calculadas as médias em cada grupo para um conjunto selecionado de variáveis, em busca de traços característicos das empresas de alta competitividade. Em seguida, para analisar se a diferença entre essas médias era estatisticamente significativa, intervalos de confiança (ICs) foram construídos com base em estimadores *bootstrap*.²⁷

O Gráfico 2 mostra os intervalos de confiança calculados para a diferença entre as médias calculadas para o grupo de alta competitividade e de baixa competitividade, no que diz respeito ao *share* de mão de obra qualificada²⁸ e peso dos salários em relação à receita bruta total (RB). É possível notar que em ambos os casos os ICs excluem o zero, evidência de que as diferenças entre as médias são estatisticamente significantes.²⁹ **As empresas mais competitivas empregam um percentual maior de mão de obra qualificada.** Apesar disso, os gastos com salários como proporção da RB são

²⁶ A separação ocorreu segundo a mediana do IC-Bk.

²⁷ Intervalos de confiança de 95% de significância, construídos com base em mil reamostragens aleatórias com reposição.

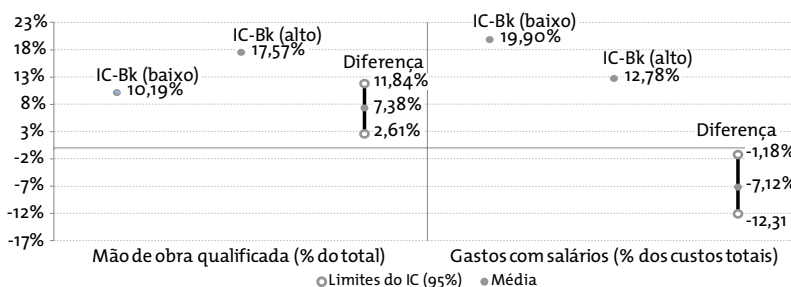
²⁸ Número de trabalhadores com nível superior dividido pelo total de trabalhadores ocupados.

²⁹ Como os ICs conterão o parâmetro verdadeiro em 95% das vezes, quando o IC calculado exclui o zero, pode-se rejeitar com 95% de significância a hipótese de que a diferença entre as médias é igual a zero.

inferiores, sinalizando que a mão de obra mais qualificada costuma vir acompanhada de um desempenho melhor.

Gráfico 2

Mão de obra: traços característicos, segundo o grau de competitividade



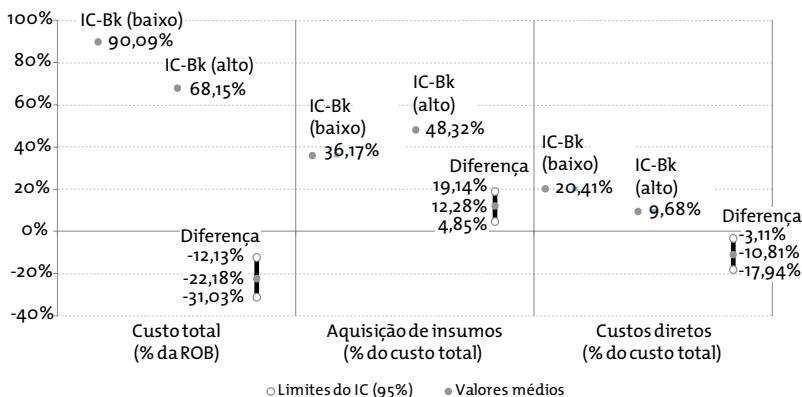
Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

Com relação à estrutura de custos, o Gráfico 3 destaca três aspectos em que foi possível observar diferenças estatisticamente significantes entre os grupos. Em primeiro lugar, as mais eficientes mostram uma razão entre custo total e receita bruta muito inferior às demais – o que era esperado. O traço mais marcante desse grupo, contudo, está no fato de os custos diretos de produção³⁰ representarem uma parcela 10,81% menor dos seus custos totais. Isso indica um processo produtivo otimizado na firma, com máquinas e processos eficientes e que reduzem o custo de operação. Em contrapartida, a aquisição de insumos representou um percentual cerca de 12% maior do custo total.

³⁰ Conforme definição da PIA, diz respeito aos gastos com consumo de combustíveis usados para acionar máquinas e para aquecimento, energia elétrica, a aquisição de serviços industriais de terceiros (pagos ou creditados às empresas especializadas ou aos trabalhadores autônomos para execução de serviços de natureza industrial), bem como custos com manutenção e reparação de máquinas e equipamentos ligados à produção.

Gráfico 3

Custos: traços característicos, segundo o grau de competitividade



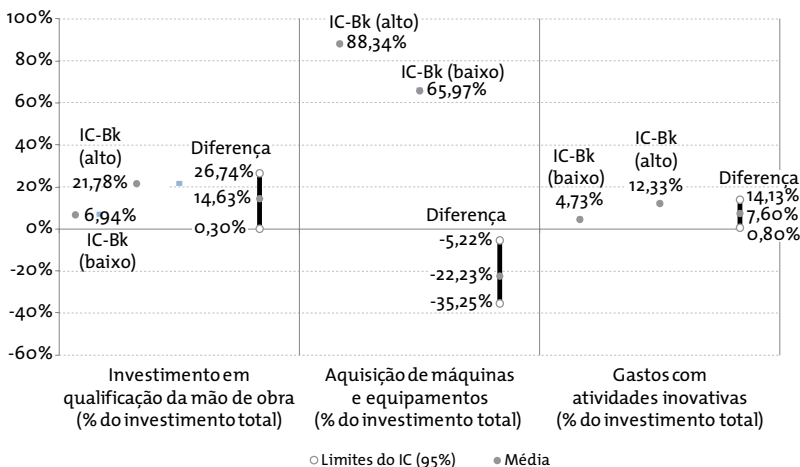
Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

Com relação à taxa de investimento (ver Gráfico 4), não foi possível notar diferença estatisticamente significativa.³¹ Apenas na distribuição desses investimentos, foi possível identificar traços característicos. As empresas consideradas de baixa competitividade concentraram seus investimentos durante o triênio 2009-2011 quase exclusivamente em aquisição de máquinas e equipamentos – rubrica que representou, na média, 88,34% do total investido por esse grupo. De outro lado, as empresas classificadas como de alta competitividade canalizaram proporcionalmente mais recursos para a qualificação de mão de obra e para gastos inovativos. Nos três casos, os ICs (95%) excluíram o zero, servindo de evidência em favor de diferenças significativas.

³¹ A taxa de investimento foi definida como o valor total investido sobre a receita bruta total anual. O IC (95%) calculado para a diferença entre as taxas médias de investimento foi (0,70%; -6,81). Como o IC não exclui o zero, não há evidência de que essa diferença seja estatisticamente significativa.

Gráfico 4

Investimentos: traços característicos, segundo o grau de competitividade



Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

Identificando espaços para ganhos de eficiência

Com o intuito de mensurar o impacto que a otimização de recursos poderia ter sobre as empresas, cada uma das observações foi projetada sobre a fronteira de eficiência estimada. Esse exercício pode ser entendido como a **simulação de um cenário no qual todas as empresas adotassem as melhores práticas disponíveis**, dadas suas características atuais.³²

³² Como a fronteira de eficiência tem retornos variáveis de escala, a razão ótima entre esforços e resultados será diferente para cada tipo de firma. Ou seja, cada firma é comparada com alguma outra que tem porte semelhante, mas apresenta um desempenho melhor.

Para o modelo orientado a produto, considera-se a quantidade de *esforços* (definida pelo custo total de cada observação) como dada. A otimização ocorre, portanto, por meio da maximização dos resultados (receitas oriundas do mercado interno e do mercado externo).³³ A Tabela 5 mostra os resultados agregados dessa projeção, por grupo de competitividade.

Tabela 5

Projeção sobre a fronteira de eficiência (modelo orientado a produto)

	Alta competitividade	Baixa competitividade
Valores observados (em R\$ mil)		
RB do mercado interno	3.014.912	158.062
RB do mercado externo	234.506	3.338
Total	3.249.418	161.400
Valores projetados (em R\$ mil)		
RB do mercado interno	3.186.019	283.409
RB do mercado externo	259.208	14.402
Total	3.445.227	297.812
Variação (em %)		
RB do mercado interno	5,7	79,3
RB do mercado externo	10,5	331,4
Total	6,0	84,5

Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

As variações percentuais projetadas são mais modestas no caso do grupo de alta competitividade. Isso já era esperado, visto que essas empresas são as que estão mais próximas da fronteira de eficiência. O

³³ Esse procedimento foi realizado em duas etapas. A primeira consistiu na projeção, no sentido do plano dos resultados (orientação a *output*), de cada observação sobre a fronteira de eficiência. A segunda etapa consistiu na eliminação das possíveis “folgas” (*slacks*) que ainda poderiam existir. Para mais detalhes a respeito desses conceitos, ver Bogetoft e Otto (2010, p. 127-131).

fato mais interessante a ser destacado na Tabela 5 é que **o potencial de ganhos no mercado externo é maior do que no mercado interno.**

O valor projetado para a soma da RB no mercado interno do grupo de alta competitividade é de R\$ 3,2 bilhões, contra um valor observado de R\$ 3 bilhões. Isso indica um ganho potencial de cerca de 6% em termos relativos, ou R\$ 171 milhões em termos absolutos. Enquanto isso, os mesmos números para a soma da RB oriunda do mercado externo apontam um ganho relativo de 11% (R\$ 24,7 milhões em valores absolutos).

Essa conclusão se mantém para o grupo de baixa competitividade, ainda que os ganhos potenciais sejam diferentes. Isso é uma evidência de que uma parcela considerável de empresas brasileiras tem um **nível de esforço compatível com maior envolvimento no comércio exterior.**

Para o modelo orientado a insumos, o mesmo exercício foi implementado. A interpretação dos resultados nesse caso é um pouco diferente, já que nesse modelo a otimização ocorre no plano dos esforços (número de trabalhadores, qualidade do trabalho e demais custos de operação).³⁴ Sendo assim, a projeção funciona como uma minimização da quantidade de esforços necessários para que a empresa atinja certo nível de resultado. Ela indica, portanto, o quanto de esforço poderia ser poupado caso as melhores práticas fossem adotadas.

A Tabela 6 apresenta os resultados desse exercício. **É possível notar que a qualidade da mão de obra (definida como anos médios de estudo do pessoal ocupado) é o insumo relativamente mais escasso para as empresas de baixa competitividade.** Afinal de contas, é nesse insumo que os espaços para otimização são menores – 7% apenas. Ou seja, uma expansão mais significativa das vendas só pode acontecer com aumento da qualificação da mão de obra, visto que quase não

³⁴ O procedimento de duas etapas realizado para o modelo orientado a produto foi aqui repetido.

há folga no uso desse insumo. Para o grupo de alta competitividade, é o pessoal ocupado que aparece como insumo mais escasso.

Tabela 6

Projeção sobre a fronteira de eficiência (modelo orientado a insumos)

	Alta competitividade	Baixa competitividade
Valores observados		
Pessoal ocupado (nº total de pessoas)	12.939	1.189
Anos médios de estudo do pessoal ocupado	6,6	5,6
Demais custos (em R\$ mil)	1.706.454	93.355
Valores projetados		
Pessoal ocupado (nº total de pessoas)	12.289	972
Anos médios de estudo do pessoal ocupado	6,1	5,2
Demais custos (em R\$ mil)	1.584.571	62.068
Variação (em %)		
Pessoal ocupado (nº total de pessoas)	-5,0	-18,3
Anos médios de estudo do pessoal ocupado	-7,4	-6,9
Demais custos (em R\$ mil)	-7,1	-33,5

Fonte: Elaboração própria, com base na 1ª Sondagem de Competitividade do Setor de Bens de Capital.

Vale destacar que a projeção da quantidade de pessoal ocupado mostra grande diferença entre o grupo de alta e o de baixa competitividade. Enquanto o primeiro tem um espaço de apenas 5% para a redução desse insumo, o segundo tem uma margem de 18%. **Isso indica que a mão de obra alocada pelo grupo de baixa competitividade tem uma produtividade consideravelmente menor.** Ou seja, essas empresas poderiam obter resultados semelhantes com menos trabalhadores, caso as melhores práticas fossem adotadas.

De toda forma, é na rubrica de demais custos que se encontra o maior espaço para ganhos de eficiência. As empresas classificadas

como de baixa competitividade poderiam atingir resultados semelhantes, mas com uma redução de cerca de 33% nos demais custos, caso adotassem as técnicas mais eficientes disponíveis.

Vale ressaltar que, conforme descrito na quarta seção deste trabalho, **é o desempenho observável das firmas que determina as “melhores práticas”**. Ou seja, os resultados das projeções refletem apenas um cenário no qual todas as observações operam com um desempenho (razão entre esforço e resultado) já observado para algumas unidades da amostra.

Considerações finais

Por meio da aplicação do método DEA sobre uma base limitada, buscou-se aqui demonstrar o potencial do IC-Bk para produzir um conjunto consistente e relevante de informações. Os resultados obtidos mostraram-se absolutamente coerentes com boa parte do que tem sido propalado na literatura econômica a respeito da competitividade. Por exemplo, a diferença de desempenho entre as empresas (que chegou a quase 50%) reforçou a importância dos aspectos microeconômicos. Também foi possível notar que alguns elementos, tais como investimentos em qualificação da mão de obra e atividades inovativas, bem como baixos custos diretos de produção, parecem estar correlacionados com a competitividade das empresas.

Deve-se destacar, ainda, que toda a análise se deu sem a necessidade de estabelecer *a priori* a importância de cada variável na estratégia competitiva das empresas. Ou seja, o indicador aqui proposto é capaz de superar uma limitação que já foi apontada como um “complicador” à construção pelo BNDES de um sistema de indicadores de desempenho competitivo ao nível da firma.

Defende-se aqui, portanto, que **uma ferramenta baseada em DEA permitirá ao BNDES estruturar uma avaliação, replicável em larga escala, que forneça diagnósticos setoriais e individuais regulares. Por meio desses, será possível identificar fragilidades e, portanto, potenciais espaços para ação de política pública.**

É flagrante, contudo, que diversos passos ainda precisam ser dados antes que um indicador como o IC-Bk possa sustentar decisões acerca da política industrial brasileira. Evidentemente, avanços com respeito às técnicas de *benchmarking* podem ser incorporados ao IC-Bk. A adoção de análises baseadas em estimações pelo método de Fronteira Estocástica, por exemplo, pode trazer informações complementares e, portanto, deve ser incorporada à agenda no futuro.

Contudo, o principal desafio é avançar na construção de uma base de dados mais ampla. Para dar força aos resultados obtidos por meio da análise de DEA, é fundamental que um número maior de empresas seja envolvido no processo. A esse respeito, dois passos importantes ainda precisam ser dados. Primeiramente, **é necessário criar mecanismos que garantam a adesão dos fabricantes cadastrados no CFI**, tais como condicionar a regularidade cadastral das empresas à apresentação regular dos dados. Em segundo lugar, é preciso desenhar um mecanismo capaz de coletar sistemática e automaticamente um conjunto relevante de informações para um amplo grupo de empresas. Em ambos os casos, **a reestruturação do CFI, ainda em curso na AOI, fornece oportunidade única para que mecanismos desse tipo sejam implantados.**

Em relação às dimensões consideradas pelo IC-Bk, também há muito a ser feito. Algumas variáveis importantes não puderam ser

contempladas nesse projeto-piloto, tais como o lucro líquido e o *share* de produtos novos. A ausência desses elementos também afeta a capacidade do indicador de mensurar o real potencial competitivo das firmas. A inclusão dessas e de outras variáveis, contudo, é perfeitamente viável quando um mecanismo mais robusto de coleta de dados for estabelecido.

Acredita-se também que um número maior de empresas na análise favorecerá bastante o processo de validação dos dados, por meio de regras que identifiquem valores anômalos para as variáveis solicitadas. Esse processo de crítica à informação prestada pelas empresas não existe no atual CFI, mas pode ser implementado após a reestruturação do cadastro.

As principais limitações do IC-Bk podem, portanto, ser superadas por meio da montagem de uma base de dados mais abrangente. Novamente, a experiência de implantação do modelo de regulação do setor elétrico alemão serve como exemplo. Apenas com uma base de dados bem estruturada, será possível construir um indicador robusto o suficiente para subsidiar o desenho de políticas públicas que encorajem os empresários a atacar, em âmbito micro, os elementos que prejudicam a competitividade da indústria brasileira.

Por fim, conforme destacado no início do trabalho, o objetivo do indicador aqui proposto é comparar o desempenho de firmas expostas ao mesmo ambiente macroeconômico. A comparação com fabricantes de outros países, portanto, requer diversas ressalvas. Caso se pretenda expandir a análise para uma comparação internacional, será preciso incorporar ao modelo os condicionantes de desempenho externos à empresa. Nesse caso, pode ser desejável uma composição entre indicadores de ordem micro e indicadores de competitividade entre países, como o IGC.

Referências

- AMBASTHA, A.; MOMAYA, K. Competitiveness of firms: review of theory, frameworks and models. *Singapore Management Review*, v. 26, n. 1, p. 45-61, 2004.
- ANATEL – AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. *Consulta Pública nº 39: norma do fator X*, 2011. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/documentos/sala_imprensa/5-8-2011--14h23min7s-Fator%20X%20apresenta%C3%A7%C3%A3o%20SPB%2020110805%20%5bMo%20de%20Compatibilidade%5d.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Nota Técnica nº 265/2010*. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/040/documento/nota_tecnica_n%C2%BA_265_custos_operacionais.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.
- ARAÚJO, B. *Estudos setoriais de inovação: indústria de bens de capital*. Belo Horizonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2009.
- BLOOM, N. *et al. Management practices across firms and countries*. Cambridge: National Bureau of Economic Research (NBER), 2012 (Working Paper, n. 17850).
- BLOOM, N.; VAN REENEN, J. Measuring and explaining management practices across firms and countries. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 122, n. 4, 2007.
- BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Indicadores de desempenho competitivo ao nível da firma. *Texto para discussão*, n. 5, 1992.
- BOGETOFT, P.; OTTO, L. *Benckmarking with DEA, SFA and R*. Nova York: Springer, 2010.
- CAMERON, A.; TRIVEDI, K. *Microeconometrics: methods and applications*. Nova York: Cambridge University Press, 2009.

CHEW, B. *et al. Measurement, coordination and learning in a multiplant network*. Stanford: Stanford Center for Economic Policy Research (Working Paper, n. 174).

CONOVER, W. *Practical nonparametric statistics*. Nova York: John Wiley & Sons, 1999.

COOPER, W.; SEIFORD, L. *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Nova York: Springer, 2007.

DOMS, M.; BARTELSMAN, J. Understanding productivity: lessons from longitudinal microdata. *Journal of Economic Literature*, v. 38, n. 3, p. 569-594, 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Industrial*, v. 29, n. 1, 2010.

IPEADATA. *Base do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)*. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 27 mai. 2013.

JOHNSEN, T.; LUND, P. *The Norwegian energy regulator annual report*, 2010. Disponível em: <http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202011/Diverse%202011/NVE_annual_report_2010.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.

LANDIM, R. Indústria tem nova agenda de reformas: Iedi levará ao governo 10 propostas, incluindo corte de impostos e abertura de mercado para importados. *O Estado de S. Paulo*, 3 mar. 2013.

MACHADO, T. País avança só três posições em *ranking* de competitividade. *O Valor Econômico*, 27 nov. 2012.

MCGAHAN, A. The performance of US corporations: 1981-1994. *Journal of Industrial Economics*, v. 47, n. 4, p. 373-398, 1999.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*, 2008.

- PEDROSO, R. Crise expõe falta de competitividade da indústria brasileira, avalia o Iedi. *O Valor Econômico*, 24 out. 2012.
- PORTER, M. The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review*, mar. 1990.
- PORTER, M. *et al.* The microeconomic foundations of prosperity: moving to a new global competitiveness index. In: PORTER, M. *et al.* *The global competitiveness report 2008-2009*. Genebra: World Economic Forum, 2009.
- SALTER, W. *Productivity and technical change*. Nova York: Cambridge University Press, 1960.
- SANTOS, C. Economia brasileira vive desafio de competitividade, diz Coutinho. *O Valor Econômico*, 29 out. 2012.
- SIMAR, L.; WILSON, P. A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics*, v. 27, n. 6, p. 779-802, 2000.
- THANASSOULIS, E. The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution. *European Journal of Operational Research*, v. 126, n. 2, p. 436-453, 2000.
- WALDEN, J.; KIRKLEY J. *Technical Memorandum NMSF-NE-160*. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), out. 2010. Disponível em: <http://www.st.nmfs.noaa.gov/Assets/econ-human/documents/toolbox/gams_workbook.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.
- WOMACK, J. *et al.* The machine that changed the world: the story of lean production. Nova York: Rawson Associates, 1990.

Anexo A
Questionário



ÁREA DE OPERAÇÕES INDIRETAS – AOI/DESCO

QUESTIONÁRIO – SONDAGEM DE COMPETITIVIDADE NO SETOR DE BENS DE CAPITAL

Ano-base: 2011

As informações fornecidas são essenciais para a avaliação do cenário produtivo e competitivo da indústria brasileira de bens de capital. Os resultados agregados da pesquisa poderão ser usados pelo BNDES para fins de política industrial. O BNDES compromete-se a não divulgar essas informações para terceiros.

BLOCO 1 – PESSOAL OCUPADO, SALÁRIOS, RETIRADAS E OUTRAS REMUNERAÇÕES NO ANO E QUALIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA

(1)	Pessoal ocupado.....	Pessoal ocupado (fim de período)			Salários, retiradas e outras remunerações (valores em mil R\$)					
		2009	2010	2011	2009	2010	2011			
(2)	Nível de qualificação.....	Pessoal ocupado com nível médio (fim de período)			Pessoal ocupado com nível superior (fim de período)			Pessoal ocupado com pós-graduação (fim de período)		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011

BLOCO 2 – DESEMPENHO OPERACIONAL E INDICADORES FINANCEIROS

(3)	Receita bruta total (valores em mil R\$).....	<table> <tr> <td>2009</td><td>2010</td><td>2011</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	2009	2010	2011			
2009	2010	2011						
(4)	Total das deduções (valores em mil R\$).....							
(5)	Exportações (valores em mil US\$).....							
(6)	Valor do Ebitda (valores em mil R\$).....							
(7)	Lucro líquido (valores em mil R\$).....							

BLOCO 3 – CUSTOS E DESPESAS NO ANO

(8) Total de gastos de pessoal.....

(9) Matérias-primas, materiais auxiliares e componentes.....

(10) Mercadorias adquiridas para revenda.....

(11) Custos diretos de produção.....

(12) Todos os demais custos e despesas.....

Totais.....

Valores em mil R\$	
2009	2011
0	0

BLOCO 4 – INVESTIMENTOS E INOVAÇÃO

Total de investimento realizado pela empresa

(13) Investimentos realizados em capacitação da mão de obra.....

(14) Investimentos realizados em maquinário e em melhorias das instalações da empresa.....

(15) Total de gastos com atividades inovativas.....

Totais.....

Valores em mil R\$	
2009	2011
0	0

Impacto das inovações de produto (considere inovações implementadas até dois anos antes do ano de referência)

(16) Participação de produtos novos ou significativamente aprimorados – para a empresa, mas já existentes no mercado nacional.....

(17) Participação de produtos novos ou significativamente aprimorados – para o mercado nacional, mas já existentes no mercado mundial.....

(18) Participação de produtos novos ou significativamente aprimorados – para o mercado mundial.....

Participação de produtos que não foram alterados ou que foram modificados marginalmente.....

% do faturamento	
2009	2011
100,00%	100,00%
100,00%	100,00%

BLOCO 5 – PERCEPÇÕES SOBRE O AMBIENTE ECONÔMICO

(19) Na sua opinião, quais são os principais entraves à competitividade do setor fabricante de máquinas e equipamentos no Brasil?

(20) Na sua opinião, como o BNDES pode contribuir para o fortalecimento da indústria brasileira de máquinas e equipamentos?